

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

TESI DI LAUREA DI PRIMO LIVELLO

**LAVORAZIONI IN OUTSOURCING:  
SVILUPPO DI MODELLI MATEMATICI**

Laureando:

ROBERTO CIUFFREDA

Relatore:

PROF. GIORGIO ROMANIN JACUR

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

# INDICE

INTRODUZIONE .....	4
CAPITOLO 1 - La struttura organizzativa aziendale: dall'integrazione verticale all'outsourcing .....	6
1.Struttura verticale e prime strategie di esternalizzazione.....	6
1.1.Vantaggi e inconvenienti dell'integrazione verticale.....	6
1.2.Relazioni interaziendali ed esternalizzazione .....	7
2.L'evoluzione dell'esternalizzazione: l'outsourcing .....	9
3.Outsourcing e Project Management.....	13
CAPITOLO 2 - La ricerca operativa e le sue applicazioni in ambito economico .....	16
1.Cenni sullo sviluppo e sugli scopi della ricerca operativa .....	16
2.La programmazione lineare .....	17
2.1.I modelli di programmazione lineare nelle scelte di outsourcing.....	19
CAPITOLO 3 - Applicazione di modelli matematici a casi di esternalizzazione.....	20
1.Programmazione multi-periodo in presenza di sub-fornitura.....	20
2.Acquisizione di commessa in vista di un rapporto di outsourcing.....	23
3.Allocazione ottima delle risorse ad opera del project management.....	27
CONCLUSIONI.....	32
Bibliografia.....	33

*A Michela,  
da un anno  
dentro di noi*

# INTRODUZIONE

L'elaborato in esame ha come oggetto lo sviluppo e l'analisi di alcuni modelli di programmazione matematica che contribuiscano a supportare talune decisioni critiche aziendali, quali sono l'esternalizzazione di parte di una produzione o di un intero processo o ramo di attività, e l'allocazione migliore delle risorse scarse disponibili.

In primis si prendono le mosse dai vari modelli di struttura organizzativa aziendale. Si analizza la tendenza storica all'integrazione verticale e all'accentramento di tutta la filiera produttiva all'interno dell'impresa, consuetudine supportata dalla teoria dei costi di transazione e dalle altre ragioni (controllo completo di ciascuna attività, potenziale creazione di barriere all'ingresso) che la rendevano la modalità di organizzazione prevalente sino a pochi decenni fa. Si espone poi la crescente tendenza alle relazioni interaziendali che caratterizzano il mercato globale degli ultimi decenni, sino ad approdare ai processi di esternalizzazione della produzione. Di questa pratica si analizzano i vari gradi di profondità, nonché l'eventuale convenienza, che si intende misurare innanzitutto dal punto di vista economico. Pertanto si giunge a studiare la forma più evoluta di esternalizzazione, l'*outsourcing*, che tramite l'affidamento di interi processi a terzi specialisti nel campo specifico, garantisce sperabilmente non solo un ritorno economico, ma anche la possibilità di focalizzare l'attenzione dell'azienda sul proprio *business* prevalente. Quest'ultimo *target*, sotto forma di allocazione ottima delle risorse a disposizione dell'impresa, è l'obiettivo principe per la funzione di *project management* dell'azienda.

In seguito, si traccia una panoramica sulla ricerca operativa e sui mezzi che fornisce per analizzare problemi decisionali aziendali da un punto di vista prettamente economico. In particolare, ci si sofferma sui modelli di programmazione lineare volti alla massimizzazione (o alla minimizzazione) di una funzione obiettivo di ricavo, di costo, di tempi di lavorazione o di altro tipo, annoverando poi i vari algoritmi di risoluzione dei modelli e alcuni *software* in grado di eseguirli.

Infine, si procede alla presentazione di alcuni casi studio, basati sulla tipologia di modello matematico precedentemente introdotta. Per mezzo di tali modelli si analizza l'eventuale vantaggio economico derivante da scelte di esternalizzazione, siano esse costituite da semplici rapporti di fornitura o da forme più stabili di *outsourcing*.

Collateralmente, si rintraccia l'allocazione ottimale delle risorse, in accordo agli obiettivi posti dal *project management*.

A supporto della trattazione, sono inserite le risoluzioni di alcuni modelli codificati mediante il linguaggio GAMS, e alcune delle tabelle relative allo sviluppo di altri algoritmi.

# CAPITOLO 1

## **La struttura organizzativa aziendale: dall'integrazione verticale all'*outsourcing***

### **1.Struttura verticale e prime strategie di esternalizzazione**

Almeno sino agli anni '60, l'assetto aziendale di gran lunga predominante è stato quello integrato verticalmente, ovvero teso a richiamare sotto l'egida dei confini aziendali il maggior numero di attività e processi necessari allo sviluppo dei beni o servizi da posizionare sul mercato. In tal senso, l'attività dell'impresa mirava ad espandersi a monte, vale a dire agli stadi di produzione precedenti a quelli già sviluppati dall'azienda, e/o a valle, ossia verso i mercati dei prodotti finiti.

#### 1.1.Vantaggi e inconvenienti dell'integrazione verticale

La scelta di privilegiare uno sviluppo aziendale verticale è da intendersi come conseguenza, in primis, di considerazioni di carattere economico. Infatti, da un lato l'azienda verticalizzata risente di un beneficio non tanto a livello di fatturato quanto di valore aggiunto percepito dal cliente e sottratto a chi in precedenza era a monte o a valle rispetto alla stessa azienda (Rispoli 1984, p.707); dall'altro, secondo la celebre teoria dei costi di transazione di Coase (1937), è conveniente mantenere all'interno dell'azienda pressoché tutti i livelli di produzione, in quanto i *marketing costs*, ovvero i costi che vanno sostenuti per rivolgersi al mercato, risultano alti. Ciò tenendo conto dei costi di negoziazione per i contratti con i fornitori, e in generale con tutte le interfacce alle quali doversi rapportare. Nondimeno, in ossequio al criterio di efficienza, secondo Coase mantenendo un rigoroso controllo su tutte le attività della filiera si azzerano i problemi e i rischi di frodi ad opera di fornitori sleali. La teoria di Coase è ripresa da Williamson (1975), non acriticamente. Questi infatti, in un mercato che mostrava già in germe i presupposti per lo sviluppo interaziendale agli albori dell'avvento della telematica moderna, osservò che i costi di transazione risultano esosi, e quindi da evitare, in condizioni di incertezza del mercato, di investimenti specializzati (Williamson, 1981) e di transazioni ricorrenti. In tale contesto, pertanto, sarebbe da privilegiare ancora una struttura verticale, in grado di dirimere a minor costo eventuali conflitti tra i livelli di produzione e di avere accesso limpido e senza mediazione a tutte

le informazioni necessitate. Dal punto di vista dei costi di produzione, d'altro canto, si preferirà l'integrazione verticale (Rispoli 1984, p.337) a patto che il costo di produzione interna sia inferiore al prezzo di acquisto di mercato, e che contemporaneamente: il fabbisogno del semilavorato sia compatibile con la capacità produttiva ottima dell'impianto integrato a monte; la redditività dell'integrazione sia superiore a quella che si avrebbe investendo in altra maniera i capitali. Pertanto il vantaggio economico conseguente all'integrazione verticale si concretizzerà in presenza di economie di scala.

A livello di vantaggio competitivo, inoltre, Ricciardi (2000, p.22) fa notare che in taluni mercati per un'azienda completamente integrata verticalmente persiste l'opportunità di mettere i potenziali concorrenti in svantaggio con barriere all'ingresso, determinate dalla vendita ad un prezzo moderatamente alto e dal possesso di un'elevata quota di mercato. D'altro canto, è lo stesso Ricciardi a mettere in risalto i rischi derivanti da una scelta strategica di verticalizzazione: in primo luogo, l'incremento dei costi fissi, con conseguente innalzamento del punto di pareggio, e quindi la necessità di ricorrere a finanziamenti esterni onerosi; *in secundis*, la sottovalutazione dei costi di gestione della rigida struttura gerarchica atta ad amministrare l'elefantiaca filiera produttiva, nonché il rischio di una eccessiva burocratizzazione dei rapporti e delle comunicazioni interni, verosimile in presenza di integrazione per incorporazione.

Negli ultimi decenni, le mutate condizioni di mercato e soprattutto il travolgente avvento delle nuove tecnologie, hanno decisamente modificato la struttura organizzativa aziendale. Permangono però imprese, anche di grandi dimensioni, integrate verticalmente in maniera pressoché completa, come nel caso della Sony.

### 1.2.Relazioni interaziendali ed esternalizzazione

Sino a quando il mercato ha richiesto prodotti standard e la cui discriminante principale fosse il prezzo, la struttura verticale è risultata per larghi tratti la più idonea. Nello scenario contemporaneo, però, la differenziazione dei prodotti, la diffusione delle nuove tecnologie e la globalizzazione dei mercati, hanno spinto le aziende a ridelineare i propri confini e a cercare legami orizzontali, ossia interazioni con potenziali *partners* o concorrenti posti allo stesso livello della filiera. La flessibilità è divenuta una variabile chiave nella struttura organizzativa (Coda, 1992), e l'efficienza è perseguibile accentrando nell'azienda capacità distintive e intessendo allo stesso tempo relazioni interaziendali. Pertanto si sono andati sviluppando rapporti di cooperazione di intensità e durata varie, al fine di ottimizzare il *trade-off* tra costi di produzione e costi di transazione. Tali relazioni da un lato consentono il mantenimento dell'indipendenza

gestionale delle singole aziende evitando al contempo i succitati costi di irrigidimento della struttura gerarchica (Ricciardi 2000, p. 27), dall'altro mirano a calmierare i costi di transazione, eventualmente mediante formalizzazioni contrattuali che evitino asimmetrie informative tra le parti e scoraggino miopi comportamenti opportunistici. Ma soprattutto, in un contesto di maturata consapevolezza circa la grande difficoltà ad essere competitivi in un mercato globale incerto e mutevole, le relazioni interaziendali consentono di spalmare l'entità, i tempi e i rischi degli investimenti necessari specie in avvio di nuove iniziative, e permettono di accedere a nuovi modelli organizzativi e, talora, a processi di innovazione tecnologica (Peteraf 1993, pp.179-191). Una delle capacità distintive in grado di fare la differenza si rivela quindi l'accumulo di conoscenza, che consente un miglioramento dell'efficienza grazie alla suddivisione del lavoro tra attori specializzati in ben determinate attività. La cooperazione consente vantaggi in termini di minori costi e di minori tempi di sviluppo di nuovi prodotti, mentre la responsabilizzazione ed il coinvolgimento anticipato di attori esterni conducono a consistenti benefici in termini qualitativi (Lipperini 1996, p.53).

A seconda del grado di coinvolgimento di ciascuna azienda nei processi decisionali, e in virtù dell'orizzonte temporale delle relazioni istituite, si distinguono varie forme di esternalizzazione. Un livello base di cooperazione in tal senso è costituito dalla sub-fornitura. Essa consiste in una relazione mediante la quale il sub-fornitore si sostituisce al committente per l'esecuzione di una determinata produzione o fase di lavorazione, rispettandone le direttive tecniche (Sallez, 1975). In tal modo, un'azienda può sfruttare *know-how* complementari rispetto a quelli posseduti, e focalizzare la propria attenzione sulle capacità e sulle attività riconosciute come distintive nella catena del valore (Ranalli 1992, pp.111-112): questo è, *in nuce*, l'atteggiamento fortemente innovativo ed eclettico che caratterizza le forme di *outsourcing* più spinto. Nei casi di sub-fornitura tradizionale o "normale", in verità, i contratti sono stipulati su singoli ordini e non prevedono il protrarsi del rapporto tra committente e fornitore. Quest'ultimo provvede a soddisfare le precise specifiche commissionategli nei tempi previsti, e generalmente non sviluppa a sua volta rapporti con altri subfornitori per evadere la commessa. È una situazione che può occorrere in presenza di improvvisi bisogni suppletivi da parte di un'azienda, che si vede fortemente spinta dalla contingenza ad adottare tale misura riparativa, in via del tutto occasionale; o, più in generale, può aver luogo per mere ragioni economiche, quando il committente è certo che il costo unitario di produzione interna di quel bene sia superiore a quello di acquisto per approvvigionamento esterno. Invece, qualora le parti in causa mirino a stipulare contratti di medio termine, spinte non solo da ragioni economiche ma anche in virtù di un miglioramento della qualità del



prodotto, può parlarsi di fornitura integrata; spesso essa risulta frequente e in piccoli lotti nell'ambito di ordini aperti. Infine, si può parlare di fornitori partner quando i rapporti tendono ad essere a medio-lungo termine e tra aziende di medie-grandi dimensioni, laddove il committente seleziona i propri fornitori in base alle capacità riconosciute di questi, e nell'ottica di una possibile collaborazione che si spinga al limite a investire in comune persino nel settore di ricerca e sviluppo, dunque nel campo delle scelte strategiche dell'azienda committente. È questo, ad esempio, il caso della Chrysler sul finire del secolo scorso (Dyer 1997).

Tra le altre forme di organizzazione che anelano a fitte relazioni interaziendali ed eventualmente a esternalizzazioni, vi sono le reti di imprese. Esse sono caratterizzate da insiemi di aziende, tipicamente di piccola e media dimensione, legate da relazioni non competitive basate perlopiù su rapporti fiduciari e volti al reciproco vantaggio scaturito dalla possibilità di trasferire agevolmente *know-how* e reagire più rapidamente ai mutamenti dell'ambiente esterno (Ranalli, p. 201). L'assenza di una direzione centrale è ciò che differenzia il tradizionale network di imprese medio-piccole da altre forme di organizzazioni, quali il consorzio e lo *spin-off* industriale, vale a dire la gemmazione di attività indipendenti a partire da un'azienda madre.

## **2.L'evoluzione dell'esternalizzazione: l'*outsourcing***

Sebbene il termine *outsourcing* sia divenuto di colpo popolare sin dagli anni novanta, è difficile fornirne una definizione univoca e che ne abbracci tutte le sfaccettature. Arcari (1996) afferma che l'*outsourcing* è quella particolare modalità di esternalizzazione che ha per oggetto l'enucleazione di intere aree di attività, strategiche e non, e che si fonda sulla costituzione di partnership tra l'azienda che esternalizza e un'azienda già presente sul mercato in qualità di specialista. Pertanto la figura dell'*outsorcee* (l'impresa che esternalizza) e quella dell'*outsourcer* (l'azienda a cui è ceduta l'attività) si trovano a collaborare in maniera più intensa rispetto ad un tradizionale rapporto di sub-fornitura, e in un orizzonte temporale spesso prolungato. Tale relazione risulta alquanto vincolante, quindi per la scelta del partner ideale al quale demandare la funzione ritenuta esternalizzabile non ci si può avvalere soltanto della risposta alla classica *Make or buy* question, cioè al quesito circa il minor costo tra quello di produzione interna e quello di acquisto: l'oggetto infatti è la cessione di intere attività o processi all'*outsourcer*, operazione che può avere evidentemente ricadute sulla strategia aziendale. Grossman e Helpman (2005, pp.135-159) rimarcano la peculiarità degli investimenti da effettuare in quest'ottica, ritenendoli la vera discriminante del processo di *outsourcing*: il decentramento delle attività di supporto e la rinuncia ad

averne il pieno controllo, in cambio di maggiore flessibilità e snellezza dell'organizzazione interna, nonché della possibilità di far convergere i propri sforzi verso il *core business* dell'azienda, incentivando lo sviluppo di capacità distintive innovative e minimizzando i rischi che ne conseguono (Merlino, Testa e Valivano, 1997). L'*outsourcee* ricerca pertanto operatori specializzati esterni che garantiscano *assets* non posseduti, e che al contempo godano di credibilità ai fini della stipula e del mantenimento di una relazione di non breve durata, il cui decadimento causerebbe l'insorgere di pesanti costi di rientro dell'attività nei confini aziendali (*backsourcing*).

Ad ogni modo, la portata dirompente dei fenomeni di *outsourcing* negli ultimi due decenni, è ravvisabile nell'esponentiale aumento del peso degli approvvigionamenti esterni e delle relazioni che li regolano all'interno della catena del valore, come notato da Lin e Tsai (2005).

Una possibile classificazione dei processi di outsourcing è quella proposta da Accabi e Lopez (1995), basata sul duplice parametro della vicinanza delle attività esternalizzate rispetto al *core business*, e della loro complessità. Il primo criterio cerca di discernere se un'attività caratterizza il *business* dell'*outsourcee* o risulta di supporto; l'altro analizza il grado di complessità gestionale delle attività da cedere, che aumenta all'aumentare del numero di processi che la costituiscono e della frequenza delle interazioni che devono avvenire tra le parti in causa per assicurarne la supervisione (Colombo e Toscano, 1998).

ALTA <i>Complessità gestionale</i> BASSA	<b><i>Outsourcing</i> tattico</b>	<b><i>Outsourcing</i> strategico</b>
	<b><i>Outsourcing</i> tradizionale</b>	<b><i>Outsourcing</i> di soluzione</b>
LONTANE DAL CORE BUSINESS		VICINE AL CORE BUSINESS
<i>Attività da esternalizzare</i>		

Come si osserva in tabella, l'*outsourcing* tradizionale non si discosta significativamente dai meccanismi di sub-fornitura: il committente delega a esterni attività di supporto di scarsa complessità gestionale, come nel caso del ricorso a società di servizi per la gestione delle paghe e i servizi di sicurezza. Questa è una prassi sviluppata ormai da molti decenni.

L'*outsourcing* tattico, invece, sebbene demandi anch'esso attività non *core*, lo fa indirizzandole ad *outsourcer* specializzati nella gestione di processi di una certa complessità, quali possono risultare lo sviluppo dei sistemi informativi e la formazione del personale.

L'*outsourcing* di soluzione interviene in presenza di esternalizzazioni legate all'attività caratterizzante o prevalente di un'azienda, ma di non spiccata complessità gestionale. Potrebbe essere il caso del confezionamento di abiti delegato a un'azienda tessile da un'altra che ne fornisce le specifiche. In quest'ottica, comincia a mostrarsi crescente l'attenzione da dedicare alla condivisione operativa e strategica degli obiettivi.

Il grado più evoluto di *outsourcing*, e perciò di più delicata realizzazione, è quello strategico. L'obiettivo è istituire una relazione fiduciaria solida e possibilmente duratura tra le parti, una sorta di partenariato che valichi i confini dell'analisi del prezzo e dei costi come unica variabile per la scelta del proprio *outsourcer*. Si mira a condividere obiettivi strategici a medio-lungo termine, e pertanto la dismissione di un'attività vicina al *core business* da parte dell'*outsourcee*, lo esporrebbe ai pesanti costi irrecuperabili (*sunk costs*) di ricollocazione in azienda del processo o di rinegoziazione con ulteriori fornitori, qualora il partner scelto si fosse rivelato inaffidabile dal punto di vista della qualità, dei tempi di consegna o della lealtà. D'altra parte, una scelta ottimale di *outsourcing* strategico consentirebbe all'azienda che esternalizza la piena focalizzazione delle proprie risorse sul *core business*, e il miglioramento della qualità e del costo della produzione esternalizzata, affidata a imprese specializzate che fanno di quel ramo la propria *core competence*. Per questo si è verificato che negli ultimi decenni gli ambiti di maggiore applicazione di politiche di *outsourcing* sono stati l'*information technology*, cioè l'automatizzazione dei sistemi atti a processare i dati commerciali (di fatturazione, di gestione scorte, delle retribuzioni et al.), e la logistica, con contratti di servizio che ormai possono partire dalla gestione delle giacenze sino alla consegna del prodotto finale, con vantaggi sia economici che finanziari per l'*outsourcee* (Costaguta, 1996).

Dunque, dopo aver effettuato una prima stima ricognitiva di carattere economico circa l'opportunità di esternalizzare o meno una serie di processi o attività, bisogna verificare che essi non attingano alla *core competence* dell'impresa: privandosene, anche a

vantaggio di un miope ritorno economico a breve termine, l'impresa perderebbe il valore aggiunto che la contraddistingue agli occhi del mercato e dei clienti, azzererebbe il *gap* precedentemente imposto alle altre realtà aziendali, minando seriamente la propria stessa sopravvivenza. Per cui, per identificare i processi potenzialmente esternalizzabili, occorrerà un approccio atto a isolarne i confini all'interno dell'azienda e a valutare se siano di supporto o risultino basilari. A tal proposito, Hammer (1998) e Terzani (1998, p.163) definiscono processo l'intera sequenza di attività logicamente connesse che nel loro insieme creano un risultato che ha valore per il cliente. Quindi, secondo una logica orientata al processo, si cerca di ricomporre il puzzle della filiera di attività che concorrono all'attuazione dello stesso, precedentemente frammentate e facenti capo a funzioni organizzative differenti. È questo lo spirito del BPR (*Business Process Reengineering*), che ristrutturava l'approccio aziendale "re-ingegnerizzando" il processo, e dando impulso in tal modo ad una maggiore flessibilità e ad un cambio radicale di punto di vista. Il BPR riesce altresì a valutare con efficacia il contributo fornito da ciascuna attività alla creazione di valore percepito dal cliente finale, fornendo preziose informazioni circa le attività risultate marginali o di minore valenza strategica, le quali potranno essere esternalizzate.

In alternativa, le *core competences* possono essere valutate ricorrendo al *benchmarking*, uno strumento di controllo costante e sistematico basato sul raffronto, processo per processo, tra le performance dell'azienda e quelle dei leader nel campo. A seconda degli indici rilevati e dei pesi sulla catena del valore, ciò consentirà di individuare: le competenze distintive, la cui concentrazione aumenterà il divario con le aziende rivali (Hinterhuber e Stuhel, 1996), quelle non strategiche per cui poter ricorrere all'*outsourcing*, e quelle critiche, nodali per lo sviluppo ottimo dell'azienda, ma caratterizzate da prestazioni basse. In tali casi, il ricorso all'*outsourcing* strategico è particolarmente rischioso, e si potrebbe preferire l'integrazione verticale riparativa, specie in presenza di elevati costi di transazione.

Una volta scelto il partner ideale in base a criteri economici, finanziari, di credibilità e in un'ottica a medio-lungo termine, si potrà continuare a vigilare sulle prestazioni delle attività e dei processi dati in *outsourcing*, sempre mediante il *benchmarking*, vale a dire confrontando le prestazioni ottenute dall'*outsourcer* in relazione a quelle dei *best performer*, e verificando che siano o meno quelle sperate.

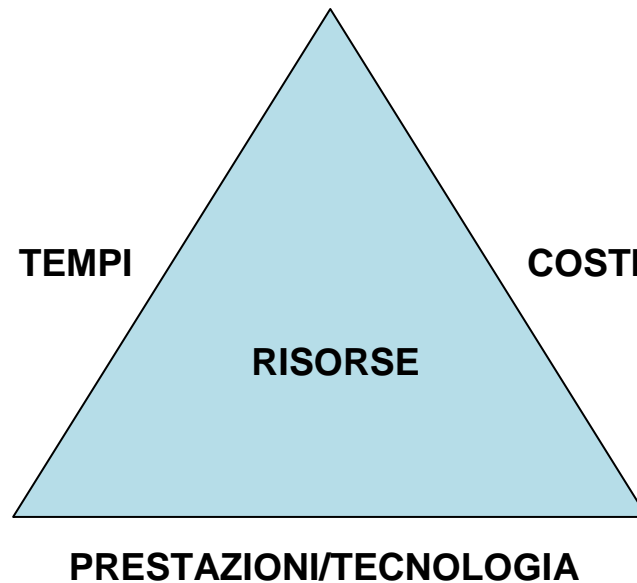
In definitiva, benché il peso delle lavorazioni in *outsourcing* sia esponenzialmente cresciuto negli ultimi due decenni, non si può pensare di esternalizzare funzioni o processi in maniera intercambiabile, dacché ciascuno costituisce un *unicum* a seconda dell'azienda in cui viene considerato. Tra i maggiori benefici discendenti da un oculato

ricorso alle pratiche di *outsourcing*, vi sono la riduzione dei costi fissi, una maggiore flessibilità aziendale, la riduzione dei costi operativi previa lo sfruttamento delle economie di scala e di apprendimento dell'*outsourcer*, la focalizzazione sul proprio *core business*; fanno da contraltare i costi transazionali non prevedibili *ex ante*, la difficoltà nella supervisione del lavoro svolto dal terzista, nonché i rischi insiti nella scelta strategica di esternalizzare. Tra questi si annoverano i comportamenti opportunistici o non concordi allo spirito aziendale dell'azienda committente, che potrebbero portare allo scioglimento del contratto e alla pesante ricaduta dei costi irreversibili sostenuti nella smobilitazione del processo oggetto di *outsourcing*.

### **3. Outsourcing e Project Management**

Un approccio all'organizzazione aziendale alternativo, o per taluni aspetti complementare, rispetto a quelli precedentemente annoverati è il *project management*, o gestione di progetto. Il *Project Management Institute* (2003) lo definisce come l'applicazione di conoscenze, attitudini, tecniche e strumenti alle attività di un progetto al fine di conseguire gli obiettivi. Per progetto si intende (Kerzner, pp.2-5) un insieme coordinato di attività aventi uno specifico obiettivo da completare con determinate specifiche, con tempi di inizio e di fine definiti e sotto vincoli di finanziamento, mediante l'utilizzo di risorse, umane e non, attraverso più linee funzionali. Perciò è possibile intendere un progetto come ben distinto rispetto ai processi produttivi standard dell'azienda: temporalmente delimitato il primo, continuati e di routine i secondi. Il *project management* comprende la pianificazione e il monitoraggio dei progetti e, sempre in accordo a Kerzner, per raggiungere lo scopo deve fare l'uso migliore possibile delle risorse esistenti (e non inseguire ad ogni costo un'onerosa ricerca di altre risorse all'esterno, quasi nella speranza che vi sia il Bengodi). Per far ciò, bisogna che il flusso del lavoro sia verticale all'interno della società e orizzontale tra le *line organizations*; compito del *project manager* sarà proprio quello di coordinare le comunicazioni orizzontali, di modo da portare a termine il lavoro in maniera uniforme e meno dipendente dall'isola operativa a cui afferisce il singolo processo.

Il *project management* pertanto può essere rappresentato graficamente come un triangolo, la cui area costituisce le risorse da gestire a disposizione di una società, e i cui spigoli sono i tempi, i costi e le prestazioni stabiliti o richiesti, ovvero i vincoli di progetto. Tale raffigurazione risulta particolarmente d'impatto, perché mostra come un rilassamento dei tempi di completamento del progetto o un innalzamento delle prestazioni richieste, sotto un regime equivalente di risorse, obbligherebbero i costi a lievitare; e viceversa. La modifica di un vincolo si ripercuote ineluttabilmente sugli altri.



*Una rappresentazione del Project Management*

Sempre più spesso, però, il progetto da portare a termine è commissionato da un cliente esterno, non necessariamente secondo un semplice rapporto di fornitura. In questo contesto di *outsourcing* è evidente la crescente portata innovativa di una corretta filosofia di *project management*. Oltre ai vincoli tradizionali, acquisisce fondamentale importanza il rapporto con il cliente e il coinvolgimento di questo nell'esecuzione del progetto, pena la preclusione della possibilità di intrattenere con il medesimo *business* futuri. Il triangolo dei vincoli di progetto, quindi, diviene un tetraedro, con vertice nella *customer satisfaction*, la soddisfazione del cliente.

Per la pianificazione, l'organizzazione, il controllo e la direzione delle risorse, il moderno *project management* si avvale di svariati strumenti, tra i quali si annoverano: la WBS (*Work Breakdown Structure*), tecnica che consente la cosiddetta esplosione ordinata delle attività elementari costituenti un progetto suddividendole in fasi logicamente correlate tra loro; il Diagramma di Gantt, che colloca le attività ottenute dalla WBS in un calendario che fornisce lo stato di avanzamento del progetto e prevede il tempo totale di realizzazione (*elapsed time*); i Diagrammi PERT, che invece si focalizzano sulle relazioni tra le varie attività rappresentate previa reticoli in modo da individuare i gangli dell'organizzazione, e così via.

A livello di modelli, programmi e *software* adoperati nel *project management*, ha preso piede il ricorso ad approcci informatizzati iterativi, come il RUP (*Rational Unified Process*), che parte dalla diagnosi di un campione di progetti falliti e tenta di risalire alle

cause dividendo il progetto in cicli di sviluppo, o come il PRINCE2. L'analisi pratica di questi approcci esula però da questa trattazione.

Al contrario, risulta di grande interesse ricordare che, parallelamente alla realizzazione dell'obiettivo in tempi, costi e a livelli di qualità vincolanti, permane una sfida non meno intrigante: l'ottimizzazione dell'allocazione delle risorse disponibili, ai fini della quale resta ancora fondamentale il ricorso alle tradizionali metodologie della ricerca operativa.

## **CAPITOLO 2**

### **La ricerca operativa e le sue applicazioni in ambito economico**

#### **1.Cenni sullo sviluppo e sugli scopi della ricerca operativa**

Al di là del cosiddetto problema dei ponti di Königsberg (o di Eulero), la ricerca operativa trae le proprie radici moderne dall'esperienza di gruppi di scienziati, di varia estrazione culturale, che dovettero affrontare la risoluzione di complesse questioni logistiche durante le operazioni belliche della seconda guerra mondiale. In epoca post-conflitto, tale approccio metodologico interdisciplinare non venne abbandonato, anzi si posero le basi per una sistematizzazione delle metodologie abbozzate, di modo da applicarle al nuovo, scottante campo privilegiato dal secondo Novecento: i problemi di decisione in ambito aziendale. La ricerca operativa può dunque essere definita come la disciplina che si occupa della formulazione e della risoluzione di modelli quantitativi intesi a fornire un ausilio nel corso di processi decisionali complessi (Vercellis 1997, p.8). In generale un modello rappresenta una astrazione selettiva ed esemplificativa del reale. Ve ne sono di diverse classi: iconici e analogici, basati sulla riproduzione fisica (eventualmente in scala) di ciò che si intende schematizzare, e matematici, che mirano a raffigurare la realtà tramite un insieme di variabili simboliche, di parametri numerici e di relazioni analitiche. Sono questi quelli che trovano ampia applicazione nei sistemi di supporto alle decisioni aziendali, unificando discipline come l'analisi, il calcolo delle probabilità, l'inferenza statistica e la matematica delle strutture discrete. Per confezionare al meglio un modello, occorre individuare opportunamente il problema oggetto di indagine, e passare alla formulazione tenendo conto dell'orizzonte temporale abbracciato. Per effettuare la scelta della decisione più consona, bisognerà assumere dei criteri di valutazione, a cui sottoporre le varie opzioni al vaglio. Tali indicatori grosso modo possono essere rappresentati da costi e ricavi, qualità del servizio ed efficienza del piano produttivo, standardizzazione del modello e sua efficacia anche in presenza di situazioni all'ingresso che si discostano da quelle del caso specifico. Quindi, si definisce un insieme di variabili decisionali che rappresentino le quantità in ballo e oggetto di interesse, si calcola o si stima una serie di parametri numerici e coefficienti che caratterizzino, ad esempio, le risorse contemplate dal



modello, e si procede al riconoscimento, deterministico o con inferenze probabilistiche, delle relazioni matematiche esistenti tra variabili, parametri e indicatori prestazionali adottati. Il modello così costituito va collaudato, per verificarne la solidità e la verosimiglianza dei risultati, tramite algoritmi risolutivi che ne testino anche i tempi di soluzione. Nel caso tutte le fasi vengano superate al meglio, le risposte quantitative che fornirà il modello potranno essere sottoposte al *management* aziendale, quantomeno come base di partenza per il raggiungimento delle decisioni operative.

## 2. La programmazione lineare

Tra i modelli matematici di più larga diffusione, vi sono quelli di programmazione lineare. Essi si caratterizzano per il numero finito di dimensioni prese in esame e per la conoscenza dei parametri numerici e delle relazioni matematiche con le variabili decisionali. In particolare, nei modelli di programmazione lineare mono-obiettivo si elegge un criterio di valutazione, quale può essere il computo dei costi totali o dei guadagni previsti, e si sceglie l'opzione che minimizzi i primi o massimizzi i secondi, all'interno di una serie di alternative possibili (e ammissibili) e alla luce delle leggi deterministiche che legano le varie componenti in campo. Pertanto si tratterà di ottimizzare la funzione decretata come obiettivo, in un regime di condizioni che impongano l'accettabilità della soluzione, e in presenza dei vincoli di varia natura sotto i quali ci si trova a operare normalmente in azienda: vincoli fisici (di capacità massima, per esempio), vincoli tecnologici, vincoli logici, vincoli di interezza delle variabili decisionali (qualora non se ne possa ritenere plausibile il frazionamento dei valori e si debba renderli discreti). Matematicamente, un modello di programmazione lineare può essere espresso come segue:

$$\begin{aligned} \max \text{ (o min) } & \underline{c}^T \underline{x} \\ & A^1 \underline{x} \leq \underline{b}^1 \\ & A^2 \underline{x} \geq \underline{b}^2 \\ & A^3 \underline{x} = \underline{b}^3 \\ & \underline{x} \geq \underline{0} \end{aligned}$$

avendo così inteso con  $\underline{x}$  il vettore delle variabili decisionali  $n$ -dimensionale, con  $\underline{b}$  i parametri numerici (capacità, ore lavoro disponibili e via scorrendo), con  $A$  le matrici (di opportune dimensioni) delle relazioni matematiche tra variabili decisionali e parametri numerici vincolanti, e con  $\underline{c}$  i coefficienti associati a ciascuna variabile ai fini del calcolo della funzione obiettivo (per esempio, i costi o i guadagni, o il tempo di

lavorazione, di ciascuna delle produzioni assunte come variabili). Per garantire la linearità è necessario, per l'appunto, che i vincoli e la funzione obiettivo siano funzioni lineari delle variabili di decisione.

Inoltre, è sempre possibile ricondurre un modello quale quello sopra esposto in forma standard, e quindi più compatta, del tipo:

$$\begin{aligned} \min \quad & \underline{c}^T \underline{x} \\ \text{A} \quad & \underline{x} = \underline{b} \\ & \underline{x} \geq \underline{0} \quad , \end{aligned}$$

ove si è all'occorrenza rovesciato il segno della funzione obiettivo, e si sono introdotte delle fittizie variabili di scarto (*slack*) e di *surplus* per rendere equazioni quelle che in precedenza erano disequazioni. Tale forma viene privilegiata in quanto è alla base della risoluzione del problema di ottimizzazione della funzione obiettivo mediante l'algoritmo del simplesso, che consente iterativamente di raggiungere la soluzione ottima, stanti le condizioni e i vincoli del modello, prendendo le mosse da una soluzione ammissibile iniziale, ove questa esista. Questo algoritmo fornisce preziose indicazioni, oltre che sull'ottimizzazione della funzione obiettivo, anche sulla solidità del modello, qualora sia affiancato da una analisi di sensitività tesa a verificare se e quanto cambiano le conclusioni del modello a seguito di mutamenti numerici dei coefficienti o dei parametri assegnati al problema analizzato.

A livello di software, di forte interesse ai fini di questa trattazione si dimostra il GAMS (*Generalized Algebraic Modeling System*), un linguaggio di programmazione che ricorre ad un algoritmo ibrido e consente la risoluzione di problemi di ottimo e di sub-ottimo (qualora i tempi di risoluzione si dilatino eccessivamente), mediante la descrizione del modello in semplici e concise dichiarazioni algebriche di agevole comprensione anche per un fruitore esterno o un decisore al quale venga sottoposto il modello per giudicarne la verosimiglianza.

Nel caso la funzione obiettivo sia in più variabili, si parla di programmazione multi-obiettivo, eventualmente con diversi gradi di priorità (per esempio, la minimizzazione dei costi potrebbe essere un obiettivo prevalente rispetto alla minimizzazione delle scorte).

### 2.1.I modelli di programmazione lineare nelle scelte di *outsourcing*

La programmazione lineare, con le sue svariate implementazioni, trova applicazione e fornisce supporto in diversi tipi di decisione aziendale, tra le quali la composizione di un portafoglio di investimenti, la pianificazione della produzione, la minimizzazione dei costi o delle giacenze o ancora dei tempi di produzione, l'allocazione ideale delle risorse disponibili. Per questo essa trova un ottimo riscontro nell'ambito dell'ausilio alla decisione di esternalizzare una parte della produzione, o di affidare più drasticamente in *outsourcing* un'intera attività. Infatti, di fianco alle considerazioni strategiche da effettuare specie nei casi di *outsourcing* più spinto (credibilità e affidabilità dell'*outsourcer*, abbandono di attività marginali a vantaggio di una rifocalizzazione sul proprio *core business*, et alt.), non può essere trascurata preliminarmente una analisi legata all'aspetto prettamente economico della scelta di esternalizzare: se e quanto convenga demandare ad altri alcune produzioni. Potrà essere d'aiuto in questo un valido modello che concili la complessità di credibili vincoli fisici e tecnologici realmente presenti e che stimi al meglio tutti i coefficienti del problema (costi e guadagni supposti, ore uomo e ore macchina utilizzate, quantità di materie prime adoperate, e così via). La funzione di *project management* in generale può prendere le mosse da siffatti modelli quantitativi, quantomeno per stimare, seppure per mezzo di una astrazione certamente esemplificativa, l'allocazione migliore delle risorse disponibili, e la necessità di eventuali integrazioni di input.

Questo non può però esimere dall'utilizzo dei molti altri approcci diffusi nel *project management*, quali i diagrammi PERT che, avvalendosi di algoritmi della teoria dei grafi, consentono di organizzare le attività (freccie congiungenti i nodi) in forma reticolare mostrandone i tempi e le interdipendenze (specie in fase di partenza di un progetto), e sancendo in più fasi di ottimizzazione i passi per raggiungere un obiettivo (o un compromesso tra più obiettivi).

## CAPITOLO 3

### Applicazione di modelli matematici a casi di esternalizzazione

#### 1.Programmazione multi-periodo in presenza di sub-fornitura

Si considera un'impresa di elettrodomestici (Vercellis, p.53) che deve elaborare un piano produttivo concernente la realizzazione di frigoriferi di classe AAA a risparmio energetico, con precise specifiche sul design dell'oggetto. Il piano ha un orizzonte temporale di 5 mesi, in ciascuno dei quali il portafoglio degli ordini già effettuati, nonché lo storico aziendale della domanda e il previsto boom del prodotto sul mercato (anche a causa dell'attivazione di incentivi statali sugli elettrodomestici di classe superiore), concorrono alla formulazione di previsioni di vendita in crescendo, secondo la tabella che segue:

Mese	Vendite previste
1	1200
2	2100
3	2400
4	3000
5	4000

La linea di produzione preposta è in grado di realizzare sino a 2000 unità al mese. In aggiunta, si pensa all'opportunità di avviare un rapporto di fornitura integrato demandando a terzi una fetta della produzione, purché non troppo cospicua e a patto che il fornitore si dimostri affidabile nel rispettare tutte le specifiche impostegli. In particolare, si trovano accordi col terzista sino ad una sub-fornitura massima di 600

unità al mese. Il costo unitario di produzione è stimato in 100 € per la lavorazione interna, e in 150 € per l'approvvigionamento esterno, con un differenziale decisamente non trascurabile. Il costo di mantenimento a giacenza è di 10 € al mese per unità, e si possiedono 300 unità a scorta all'inizio del primo periodo. Il responsabile della produzione vuole inoltre garantirne la presenza di almeno 250 al termine del quinto periodo, temendo nuovi picchi di domanda, a cui la linea di produzione attuale è evidentemente impreparata, a giudicare dalla sua massima capacità.

Identifichiamo le variabili decisionali con le quantità da produrre internamente periodo per periodo e con quelle da delegare, all'occorrenza, al sub-fornitore; si propende inoltre per indicare come variabili anche le giacenze alla fine di ogni periodo. Ne segue il presente modello di programmazione lineare:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & 100 \sum_i x_{\text{int},i} + 150 \sum_i x_{\text{est},i} + 10 \sum_i y_{\text{giac},i} && \text{per } i = 1, \dots, 5 \\
 & x_{\text{int},i} && \leq 2000 \quad \text{per } i = 1, \dots, 5 \\
 & & x_{\text{est},i} && \leq 600 \quad \text{per } i = 1, \dots, 5 \\
 & x_{\text{int},1} + & x_{\text{est},1} & - y_{\text{giac},1} & \geq 1200 - 300 \\
 & x_{\text{int},2} + & x_{\text{est},2} + y_{\text{giac},1} - y_{\text{giac},2} & \geq 2100 \\
 & x_{\text{int},3} + & x_{\text{est},3} + y_{\text{giac},2} - y_{\text{giac},3} & \geq 2400 \\
 & x_{\text{int},4} + & x_{\text{est},4} + y_{\text{giac},3} - y_{\text{giac},4} & \geq 3000 \\
 & x_{\text{int},5} + & x_{\text{est},5} + y_{\text{giac},4} - y_{\text{giac},5} & \geq 4000 \\
 & x_{\text{int},i} , & x_{\text{est},i} , & y_{\text{giac},i} & \geq 0 \quad \text{per } i = 1, \dots, 5 ,
 \end{aligned}$$

avendo indicato con  $x_{\text{int},i}$  la produzione interna in ciascun periodo, con  $x_{\text{est},i}$  la eventuale produzione da esternalizzare al sub-fornitore, con  $y_{\text{giac},i}$  le scorte al termine di ciascun periodo; la funzione obiettivo è tesa a minimizzare il costo di produzione, stanti i vincoli di produzione da garantire e di capacità produttiva massima precedentemente esposti. Il modello si presta ad essere risolto con GAMS, che identificherà l'ottimo della funzione obiettivo, o in alternativa avviserà dell'assenza di soluzioni ammissibili (in quest'ultimo caso, il direttore di produzione dovrà celermente invitare il *management* aziendale a correre ai ripari, poiché non verrebbe garantita la produzione sufficiente a evadere ordini già ricevuti e vendite stimate, neppure ricorrendo alla sub-fornitura). Ecco il frammento di codice che rappresenta il modello in GAMS:

```

SETS          produz /int, est/, periodo /1 * 5/;
SCALAR        costgiac /10/;
PARAMETERS    capac(produz) /int 2000, est 600/, cost(produz) /int 100, est 150/,

```

```

                                vend(periodo) /1 900, 2 2100, 3 2400, 4 3000, 5 4000/;
VARIABLES  x(produz, periodo), y(periodo), costot;
POSITIVE VARIABLES  x, y;
                                y.lo('5') = 250;
EQUATIONS  ob, vinc(produz, periodo), coer(periodo);

                                ob..costot =e= sum(produz, cost(produz) * sum(periodo,
                                x(produz,periodo))) + sum(periodo, costgiac * y(periodo));

                                vinc(produz, periodo)..x(produz, periodo) =l= capac(produz);

                                coer(periodo)..sum(produz, x(produz, periodo)) - y(periodo) =g=
                                vend(periodo) - y(periodo - 1);
MODEL      prodplan /all/;
OPTIONS    lp = bdm1p;
SOLVE      prodplan USING lp MINIMIZING costot;
DISPLAY    x.l, y.l, costot.l;

```

Il problema risulta avere una soluzione ottima ammissibile, e restituisce i seguenti valori per le variabili decisionali:

	1	2	3	4	5
$x_{int}$	2000	2000	2000	2000	2000
$x_{est}$	250	600	600	600	600
$y_{giac}$	1350	1850	2050	1650	250

La funzione obiettivo così minimizzata indica costi totali pari a 1469000 €. Pertanto la capacità produttiva interna risulta saturata; ma soprattutto, si rivela necessario il ricorso all'esternalizzazione, e per ben quattro periodi su cinque è indispensabile attingere a tutta la produzione esigibile dal terzista, di modo da poter fronteggiare la domanda prevista nei cinque mesi e poter disporre delle giacenze desiderate alla fine dell'orizzonte temporale considerato. In conclusione, qualora si preveda o si vada incontro al mantenimento di picchi elevati di domanda quali quelli pronosticati negli ultimi due periodi, potrebbero doversi attivare procedure di ampliamento della linea produttiva, o di negoziazione di altri contratti di sub-fornitura integrata.

## 2.Acquisizione di commessa in vista di un rapporto di *outsourcing*

Nel seguente caso studio considerato (Vercellis, p.376), si analizza una situazione di possibile esternalizzazione non dal punto di vista del committente, bensì da quello dell'*outsourcer*. L'impresa SuperFer, fonderia specializzata in materiali ferrosi, ha infatti ricevuto la proposta di una commessa da UltraJeep, azienda produttrice di parti di ricambio di veicoli militari leggeri. Quest'ultima impresa, che era solita approvvigionarsi di ferro di alta qualità mediante una fonderia entrata nella sua orbita per incorporazione, ha avuto problemi interni legati alla scarsa accettazione dell'integrazione verticale da parte della fonderia, e intende vagliare l'opportunità di esternalizzare l'intera funzione di approvvigionamento di materie prime e metalli semilavorati. Pertanto richiede alla SuperFer se sia disposta a instaurare un rapporto di *outsourcing* in ottica strategica rendendo disponibile per il momento la fornitura entro tre mesi di un massimo di 150000 tonnellate di ferro di alta qualità, ad un prezzo unitario di 850 € per tonnellata.

La SuperFer sonda i propri approvvigionamenti eccedenti di materie prime nel periodo in questione, e risale alla composizione di questa tabella delle disponibilità inutilizzate:

	Punto di estrazione			
	1	2	3	4
<b>Disponibilità totale</b>	21000 ton	40000 ton	15000 ton	22000 ton
<b>Costo per tonnellata</b>	800 €	400 €	600 €	500 €

È da segnalare che il punto di estrazione 4 in passato ha dimostrato a più riprese fluttuazioni nell'offerta e scostamenti nelle disponibilità effettive rispetto a quelle promesse.

Sono inoltre da soddisfare dei vincoli di miscelazione dei minerali di ferro: in particolare, la presenza di taconite deve attestarsi in misura non inferiore alle 5 unità per tonnellata, quella di magnetite deve essere pari ad almeno 100 unità e quella di limonite non deve scendere al di sotto delle 30 unità per tonnellata. I minerali forniti da ciascun punto di estrazione posseggono tali requisiti nella maniera indicata nella seguente tabella (in unità per tonnellata):

	Punto di estrazione			
	1	2	3	4
<b>Taconite</b>	10	3	8	2
<b>Magnetite</b>	90	150	75	175
<b>Limonite</b>	45	25	20	37

Per valutare se sia vantaggioso acquisire la commessa, e in quali quantità approvvigionarsi di materie prime da ciascun punto di estrazione per soddisfarla, la SuperFer si serve del modello che segue:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & (850-800)x_1 + (850-400)x_2 + (850-600)x_3 + (850-500)x_4 \\
 & x_1 \leq 21000 \\
 & \quad x_2 \leq 40000 \\
 & \quad \quad x_3 \leq 15000 \\
 & \quad \quad \quad x_4 \leq 22000 \\
 & 10 x_1 + 3 x_2 + 8 x_3 + 2 x_4 \geq 5 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \\
 & 90 x_1 + 150 x_2 + 75 x_3 + 175 x_4 \geq 100 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \\
 & 45 x_1 + 25 x_2 + 20 x_3 + 37 x_4 \geq 30 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \\
 & x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad x_4 \geq 0,
 \end{aligned}$$

ove si sono indicate con  $x_i$  le tonnellate di ferro acquistate presso ciascun punto di estrazione. Portando in forma canonica il modello:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & -50x_1 - 450x_2 - 250x_3 - 350x_4 \\
 & x_1 + x_5 = 21000 \\
 & \quad x_2 + x_6 = 40000 \\
 & \quad \quad x_3 + x_7 = 15000 \\
 & \quad \quad \quad x_4 + x_8 = 22000 \\
 & 5 x_1 - 2 x_2 + 3 x_3 - 3 x_4 - x_9 = 0 \\
 & -10 x_1 + 50 x_2 - 25 x_3 + 75 x_4 - x_{10} = 0 \\
 & 15 x_1 - 5 x_2 - 10 x_3 + 7 x_4 - x_{11} = 0 \\
 & \quad \quad \quad x_i \geq 0, \quad \text{per } i = 1, \dots, 11
 \end{aligned}$$



Sono state quindi introdotte fittizie variabili di scarto e di surplus. Avendo cura di rovesciare le intere equazioni contenenti le variabili di surplus  $x_9$ ,  $x_{10}$  e  $x_{11}$ , si riesce a risalire al tableau col quale si inizializza l'istanza, ora risolvibile mediante l'algoritmo del simplesso primale.

0	-50	-450	-250	-350	0	0	0	0	0	0	0
21000	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
40000	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15000	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
22000	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	-5	2	-3	3	0	0	0	0	1	0	0
0	10	-50	25	-75	0	0	0	0	0	1	0
0	-15	5	10	-7	0	0	0	0	0	0	1

Sono stati indicati nella cella in alto a sinistra la funzione obiettivo, nella riga di comando i coefficienti di ricavo (precedentemente cambiati di segno), e nella colonna dei termini noti i valori dei vincoli di capacità e di miscelazione. Si perviene al tableau finale, che identifica l'ottimo:

30500000	0	0	0	0	50	450	250	350	0	0	0
40000	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3065000	0	0	0	0	-10	50	-25	75	0	1	0
22000	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
119000	0	0	0	0	15	-5	-10	7	0	0	1
4000	0	0	0	0	5	-2	3	-3	1	0	0
21000	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15000	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Ad esso si giunge mediante operazioni di pivot, condotte per migliorare la funzione obiettivo, e sino a quando tutta la riga dei coefficienti di ricavo diviene non negativa. Per effettuare tali operazioni, si ricorre anche alla Legge di Bland per dirimere i casi di degenerazione permanente; in tutti gli altri, il pivot viene scelto col criterio del minimo rapporto e del massimo gradiente.

Pertanto, la SuperFer può considerare vantaggiosa l'ipotesi di accettare la commessa: nei tre mesi successivi sarà in grado di vendere tutte le 98000 tonnellate eccedenti (a fronte delle 150000 tonnellate richieste da UltraJeep), conseguendo un margine lordo di 30,5 milioni di euro. Il vettore delle quantità ottime è:

$$x^* = [21000 \ 40000 \ 15000 \ 22000 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 4000 \ 3065000 \ 119000],$$

laddove le variabili di scarto risultano tutte nulle (la SuperFer acquista da ciascun punto di estrazione tutte le tonnellate precedentemente considerate eccedenti), mentre quelle di surplus assumono valori positivi, dimostrando l'avvenuto soddisfacimento dei vincoli di miscelazione.

In un'ottica più lungimirante e volta ad intensificare il rapporto tra committente e fornitore, la SuperFer dovrà verificare però altri parametri oltre al rientro economico immediato, per accettare un rapporto di esternalizzazione stabile o di completo *outsourcing* con UltraJeep: a tal fine, risulteranno fondamentali l'affidabilità nei pagamenti ricevuti e la sintonia tra i *management* aziendali. Da parte sua, UltraJeep avrà modo di verificare se si ritiene soddisfatta dalla qualità dei materiali acquistati e dalla tempestività nei tempi di consegna, in accordo ad una sistematizzazione della funzione di approvvigionamento.

Infine, si dimostra agevole effettuare una analisi di sensitività sulla soluzione ottima individuata da SuperFer. Come detto, la disponibilità del punto di estrazione 4 è fluttuante e non sempre fedele alle previsioni; il modello si adatta facilmente all'eventuale oscillazione della quantità di ferro resa disponibile dal quarto estrattore. Riscrivendo la colonna (qui trasposta) dei termini noti del tableau iniziale avremo:

$$\begin{array}{c|ccccccc} 0 & 21000 & 40000 & 15000 & 22000+\partial_4 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

avendo indicato con  $\partial_4$  la variazione di disponibilità del quarto punto di estrazione. Tale incremento passa indenne attraverso tutte le operazioni di pivot tranne l'ultima, al

termine della quale si perviene alla colonna dei termini noti così modificata (e anche qui presentata trasposta):

30500000	40000	3065000	22000	119000	4000	21000	15000
+		+	+	+	-		
$350\partial_4$		$75\partial_4$	$\partial_4$	$7\partial_4$	$3\partial_4$		

Affinché nell'ultimo tableau l'istanza risulti ancora avere una soluzione ottima ammissibile, i termini noti dovranno essere non negativi; ovvero bisognerà che si verifichino in concomitanza le seguenti condizioni:

$$3065000 + 75 \partial_4 \geq 0 ; \quad 22000 + \partial_4 \geq 0 ; \quad 119000 + 7 \partial_4 \geq 0 ; \quad 4000 - 3 \partial_4 \geq 0.$$

Tale sistema di disequazioni ammette come soluzioni:  $-17000 \leq \partial_4 \leq 4000 / 3$ . Ciò significa che, per tali valori dell'incremento della quantità proveniente dal punto di estrazione 4, l'ultimo tableau rilascia ancora una soluzione ottima ammissibile, del tipo

$$x^* = [21000; 40000; 15000; 22000 + \partial_4; 0; 0; 0; 0; 4000 - 3\partial_4; 3065000 + 75\partial_4; 119000 + 7\partial_4]$$

con una funzione obiettivo pari a

$$\text{ricavo}^* = 30500000 + 350 \partial_4$$

Nel caso invece il differenziale della disponibilità estrattiva del punto 4 valichi gli estremi dell'intervallo  $[-17000; +4000/3]$ , bisognerà procedere con una nuova operazione di pivot, in questo caso duale, per risalire ad una funzione obiettivo ottima e ammissibile.

### 3.Allocazione ottima delle risorse ad opera del *project management*

Nel riadattamento di questo caso (Vercellis, p.51) un'azienda produttrice di boccole, bronzine e altri supporti per alberi motore, intende effettuare una più razionale allocazione delle risorse disponibili. In particolare, si analizza la produzione di quattro prodotti, boccole di tipo A e di tipo B, bronzine di tipo C e di tipo D, il cui ciclo produttivo è costituito da tre fasi (linee L1, L2, L3) attraversate da ciascuno dei prodotti in esame. Il *project management* aziendale si focalizza sulla richiesta di affidamento di un progetto externalizzato da un'altra impresa, la quale domanda in totale il rilascio entro un mese di 300 unità di boccole A, 1000 di boccole B e 600 di bronzine D. La tabella

che segue riporta gli assorbimenti unitari di capacità produttiva per ogni coppia prodotto-linea di produzione, e i margini lordi per ciascun prodotto:

	Assorbimento di capacità			
	Boccole A	Boccole B	Bronzine C	Bronzine D
L1	2	2	3	3
L2	2	3	1	2
L3	1	2	2	3
<b>Margine lordo</b> <b>(€)</b>	10	12	13	14

Le risorse produttive sono costituite da ore-uomo e ore-macchina in vari reparti: due di tornitura, fresatura e alesatura con differenti caratteristiche e gradi di polivalenza, e la rettifica, comune a tutte le linee. Tali risorse vengono pertanto raggruppate in sette categorie, destinate alle linee secondo la tabella qui proposta:

Categoria risorsa	Linee di destinazione	Disponibilità massima
Tornitura R1	L1	12000
Fresatura R2	L2	7000
Alesatura R3	L3	9000
Tornitura R4	L1, L2	4000
Fresatura R5	L1, L3	3000
Alesatura R6	L2, L3	3000
Rettifica R7	L1, L2, L3	2000

Dunque l'azienda vuole determinare il piano di produzione necessario a soddisfare le richieste di progetto avanzate dal committente e che ottimizzi il margine lordo allocando al meglio le categorie di risorse disponibili alle varie linee di produzione.

Nel modello di programmazione lineare implementato a tal scopo, si indicheranno come variabili decisionali da un lato le quantità di prodotti da realizzare, dall'altro le

ore-uomo o ore-macchina di varia categoria da dedicare a ciascuna linea. Si perviene al seguente modello:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & 10 x_a + 12 x_b + 13 x_c + 14 x_d \\
 & 2 x_a + 2 x_b + 3 x_c + 3 x_d \leq \sum_i y_{i, L1} \quad \text{per } i = R1, \dots, R7. \\
 & 2 x_a + 3 x_b + x_c + 2 x_d \leq \sum_i y_{i, L2} \quad \text{per } i = R1, \dots, R7. \\
 & x_a + 2 x_b + 2 x_c + 3 x_d \leq \sum_i y_{i, L3} \quad \text{per } i = R1, \dots, R7. \\
 & x_a \geq 300 \\
 & x_b \geq 1000 \\
 & x_d \geq 600 \\
 & \sum_j y_{R1, j} \leq 12000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R2, j} \leq 7000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R3, j} \leq 9000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R4, j} \leq 4000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R5, j} \leq 3000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R6, j} \leq 3000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & \sum_j y_{R7, j} \leq 2000 \quad \text{per } j = L1, L2, L3. \\
 & x_n \geq 0, \text{ per } n = a, b, c, d. \quad y_{i, j} \geq 0, \text{ per } i = R1, \dots, R7, j = L1, L2, L3,
 \end{aligned}$$

ove le variabili  $x_n$  rappresentano le quantità realizzate di ciascun prodotto, e le  $y_{i, j}$  sono le ore di lavoro di una certa categoria dedicate ad una specifica linea. Le prime tre disequazioni esprimono il vincolo di capacità di ciascuna linea produttiva al variare delle ore allocate, le successive tre indicano la soglia minima di boccole A, boccole B e bronzine D da produrre per soddisfare le richieste del committente, infine le ulteriori sette impongono la coerenza tra le ore di lavoro di una certa tipologia e quelle totali effettivamente disponibili in azienda nel periodo preso in esame. Codificando in GAMS si avrà tale frammento di linguaggio:

```

SETS      pro /a, b, c, d/, linea /L1, L2, L3/, risorsa /R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7/;
PARAMETERS ric(pro) /a 10, b 12, c 13, d 14/, disp(risorsa) /R1 12000, R2 7000,
           R3 9000, R4 4000, R5 3000, R6 3000, R7 2000/;
TABLE     assorb(linea, pro)
           a    b    c    d
L1        2    2    3    3
L2        2    3    1    2
L3        1    2    2    3;

```

```

TABLE      alloc(risorsa, linea)
           L1   L2   L3
r1         1    0    0
r2         0    1    0
r3         0    0    1
r4         1    1    0
r5         1    0    1
r6         0    1    1
r7         1    1    1 ;

VARIABLES  x(pro), y(risorsa, linea), rictot;
POSITIVE VARIABLES  x, y;
           x.lo('a') = 300;
           x.lo('b') = 1000;
           x.lo('d') = 600;

EQUATIONS  ob, vinc(linea), limit(risorsa);

           ob..rictot =e= sum(pro, ric(pro) * x(pro));

           vinc(linea)..sum(pro, assorb(linea, pro) * x(pro)) =l= sum(risorsa,
           alloc(risorsa, linea) * y(risorsa, linea));

           limit(risorsa)..sum(linea, alloc(risorsa, linea) * y(risorsa, linea)) =l=
           disp(risorsa);

MODEL      bestall /all/;
OPTIONS    lp = bdm1p;
SOLVE      bestall USING lp MAXIMIZING rictot;
DISPLAY    x.l, y.l, rictot.l;

```

In base alla migliore distribuzione possibile delle risorse presenti, e stanti i vincoli di produzione minima da garantire per evadere l'ordinazione appaltata a progetto dall'impresa esterna, sarà opportuno produrre le seguenti quantità:

	Boccole A	Boccole B	Bronzine C	Bronzine D
Quantità ottime	300	1000	4450	600

Mentre l'allocazione più efficiente delle ore di lavoro alle tre linee di produzione risulta:

	Linea L1	Linea L2	Linea L3
<b>Tornitura R1</b>	12000		
<b>Fresatura R2</b>		7000	
<b>Alesatura R3</b>			9000
<b>Tornitura R4</b>	3750	250	
<b>Fresatura R5</b>			3000
<b>Alesatura R6</b>		2000	1000
<b>Rettifica R7</b>	2000		

Il margine lordo così ricavato si attesta a 81250 €

Ciò che appare evidente, e che certamente potrà influenzare le future scelte del *management*, è che le bronzine di tipo C risultano più remunerative degli altri tre prodotti. Infatti, pur rappresentando l'unica realizzazione senza vincolo minimo di produzione, risulta quella più vantaggiosa, tant'è che ne vengono fabbricate 4450 unità. Al contrario, le altre tre produzioni sono realizzate in numero strettamente tale da soddisfare le richieste dell'*outsourcee*; pertanto, potrebbe doversi considerare l'ipotesi di migliorare i coefficienti di assorbimento di capacità dei prodotti A, B e D, nonché il processo produttivo in toto, di modo da renderlo più proficuo.

L'ausilio della programmazione lineare non oscura affatto l'opportunità di ricorrere ad ulteriori mezzi per ottenere una disposizione temporale efficiente e saggia delle varie attività aziendali di progetto, come si potrebbe testare ad esempio con le tecniche PERT/CPM, ampiamente diffuse nel *project management*.

# CONCLUSIONI

La presente trattazione preliminarmente si è occupata di presentare le tematiche inerenti alla struttura organizzativa aziendale e al suo decentramento, specie quello attuato negli ultimi tempi sotto forma di esternalizzazione di parte della produzione (fornitura) o di interi processi o attività (outsourcing), nei vari gradi di intensità possibili.

In seguito, si sono mostrate le possibilità offerte dalla ricerca operativa nel favorire il processo decisionale circa l'avvio di rapporti di fornitura, focalizzandosi in particolare sui modelli di programmazione matematica lineare e sulla loro risoluzione mediante algoritmi o software preposti. A tal fine, sono stati affrontati alcuni casi studio.

In definitiva, la programmazione lineare si è rivelata utile ai fini di una stima economica di partenza per i problemi di fornitura o di esternalizzazione più diffusa, anche grazie alla sua versatilità nell'adattarsi a situazioni di tipo differente. I modelli stilati hanno quindi consentito un'analisi numerica di vari scenari con determinate condizioni al contorno, di supporto alle attività del project management aziendale e propedeuticamente agli altri approcci decisionali citati nella trattazione.



## Bibliografia

- [1] Arcari A.M., 1996, "L'outsourcing: una possibile modalità di organizzazione delle attività di servizi", *Economia & Management*, n.4.
- [2] Coase R.H., 1937, "The nature of the firm", *Economica*, n.4, November.
- [3] Coda V., 1992, *L'orientamento strategico dell'impresa*, Utet, Torino.
- [4] Colombo E., Toscano R., 1998, "Produrre o acquistare: dal calcolo economico alla strategia", *Amministrazione & Finanza*, n.3.
- [5] Costaguta M., 1996, "Maggiore flessibilità con l'outsourcing", *L'Impresa*, n.10.
- [6] Dyer J.H., 1997, "La Chrysler inventa il keiretsu americano", *Harvard Business Review*, gennaio-febbraio.
- [7] Grossman G., Helpman E., 2005, "Outsourcing in a global economy", *Review of Economic Studies*, n.72.
- [8] Hammer M., 1998, *Oltre il reengineering*, Baldini Castoldi Dalai, Milano.
- [9] Hinterhuber H., Stuhel U., 1996, "Competenze distintive e outsourcing strategico", *Finanza, Marketing e Produzione*, n.4.
- [10] Kerzner H., 2005, *Project Management. Pianificazione, Scheduling e Controllo dei progetti*, Hoepli, Milano.
- [11] Lin Y.J., Tsai Y., 2005, "What's new about outsourcing", Paper presentato alla trentesima conferenza del libero scambio e dello sviluppo di Asia e Pacifico.
- [12] Merlino M., Testa S., Valivano A., 1997, "Opportunità e limiti dei processi di outsourcing", *Economia & Management*, n.3.

- [13] Peteraf M.A., 1993, "The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view", *Strategic Management Journal*, n.2.
- [14] Project Management Institute, 2003, *Guida al Project Management Body of Knowledge*, terza edizione, PMI.
- [15] Ranalli F., 1992, *Aree funzionali e governo d'impresa*, Aracne, Roma.
- [16] Ricciardi A., 2000, *L'outsourcing strategico: modalità operative, tecniche di controllo ed effetti sugli equilibri di gestione*, Franco Angeli, Milano.
- [17] Rispoli M., 1984, *"L'industria"*, Arti grafiche, Milano.
- [18] Salles A., 1975, "Sous-traitance, productivité économique et croissance régionale", *Economie appliquée*, n.2/3.
- [19] Terzani S., 1999, *Lineamenti di pianificazione e controllo*, Cedam, Padova.
- [20] Vercellis C., 1997, *Modelli e decisioni. Strumenti e metodi per le decisioni aziendali*, Esculapio, Bologna.
- [21] Williamson O.E., 1975, "Markets and hierarchies", *Analysis and Antitrust Implications*, The Free Press, New York.
- [22] Williamson O.E., 1981, "The economic organization: the transaction cost approach", *American Journal of Sociology*, n. 3.